

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 728 070

(21) N° d'enregistrement national : 94 14898

(51) Int Cl<sup>6</sup> : G 01 D 5/26, G 08 C 23/06

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 08.12.94.

(71) Demandeur(s) : OPECTRON INDUSTRIES SARL  
SOCIETE A RESPONSABILITE LIMITEE — FR.

(30) Priorité :

(72) Inventeur(s) : CHENET PIERRE.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 14.06.96 Bulletin 96/24.

(73) Titulaire(s) :

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : Se reporter à la fin du  
présent fascicule.

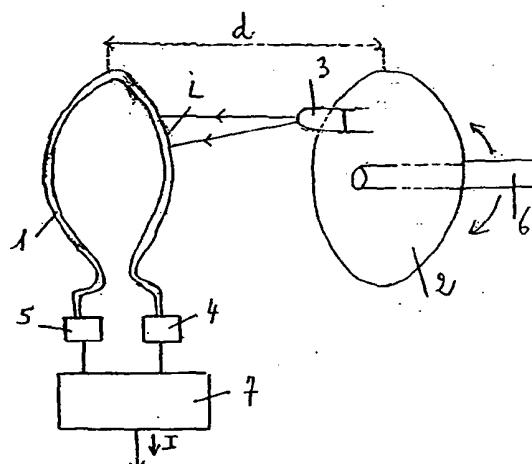
(74) Mandataire :

(54) EMPLOI DES FIBRES OPTIQUES PLASTIQUES FLUORESCENTES POUR LA MESURE DE GRANDEURS  
PHYSIQUES ET LA REALISATION DE SYSTEMES ROTATIONNELS SANS CONTACT.

(57) Dispositifs de mesure de grandeurs physiques et sys-  
tèmes rotationnels de type joint tournant.

\* L'invention concerne des perfectionnements aux systè-  
mes en mouvement dont on désire connaître les paramè-  
tres de déplacement (vitesse de rotation, de transmission  
...etc.) et comportant des raccordements de câblages fixes  
à des câblages mobiles sans contacts mécaniques.

\* Les équipements et systèmes tournants sont essenti-  
ellement basés sur l'emploi de fibres optiques plastiques  
fluorescentes se comportant comme une connectique sans  
contact les parties fixes et mobiles des matériels.



FR 2 728 070 - A1



1

La présente invention concerne de nouveaux moyens de mesure de grandeurs physiques telles que la vitesse, les mouvements de translation de précession etc. et corrélativement la réalisation de systèmes rotationnels sans contact dont le compromis technico-économique est très supérieur aux dispositifs actuels.

5 Dans de nombreuses applications, par exemple dans les domaines de la robotique, des automatismes industriels, des codeurs et décodeurs, diverses grandeurs physiques comme la vitesse de rotation, la position et la direction (précession), ou le sens de rotation d'un axe sont importantes à connaître en régime continu et d'une manière simple, précise et peu coûteuse.

10 Des composants électromécaniques, du type resolver multipolaires par exemple, répondant à ces besoins sont actuellement commercialisés. Cependant, ils sont relativement complexes, car constitués essentiellement de pièces mécaniques de haute précision associées à un transformateur tournant en mouvement rapide, réalisé par des multibobinages inducteurs et induits. Des électroniques de conversion analogique-numérique sont également nécessaires.

15 Dans les domaines de la connectique et du raccordement par exemple des fils de câblages en rotation, l'angle et le nombre de rotations sont souvent fortement limités par suite de la faible flexibilité ou de la fragilité des fils métalliques dont on désire assurer la continuité mécanique.

20 L'invention concerne de nouveaux types de capteurs de grandeurs physiques et de systèmes rotationnels sans contact basés sur l'utilisation de fibres optiques plastiques fluorescentes commercialisées notamment par la société Optectron Industries.

Ces fibres sont essentiellement constituées par des matériaux optiquement transparents comme le polystyrène par exemple, dopés par des matériaux appropriés tels que ceux utilisés dans les technologies laser.

25 La fig.1 montre schématiquement le fonctionnement d'une fibre optique plastique fluorescente. Cette fibre reçoit un éclairement longitudinal  $E_0$  dépendant des dimensions de la fibre et du flux de lumière ambiante auquel elle est soumise.

30 Il en résulte suivant la théorie de la fluorescence qu'une lumière ponctuelle d'éclairement  $E_S$  très puissant et supérieur à  $E_0$  est créée aux 2 extrémités de la fibre. On constate donc que sans aucun contact, il est possible de recevoir aux extrémités des fibres optiques fluorescentes une lumière importante, lorsque cette fibre est excitée "à distance" par une source de lumière extérieure.

Cette propriété est tout particulièrement prise en compte dans le cadre de l'invention.

35 La fig.2 montre schématiquement un nouveau type de capteur de grandeurs physiques proposés suivant l'un des objets de l'invention.

Ce capteur est constitué par une boucle 1 réalisée par une fibre optique plastique fluorescente. La forme de cette boucle n'est pas limitative mais sera préférentiellement circulaire.

40 Un disque 2 d'une forme identique à celle de la boucle 1 et de préférence réalisé en un matériau de poids léger est fixé sur un axe de rotation 6 par tous moyens connus. Une source de lumière 3 est montée sur le disque 2 et subit une rotation à la même vitesse que celle de l'axe 6.

45 A un instant  $t_0$ , la source 3 délivre à la boucle fluorescente 1 et sur une très courte longueur  $L$  de celle-ci, une lumière dont l'intensité dépend de l'intensité de la source 3 elle-même.

Les 2 extrémités de la boucle 1 sont terminées par 2 récepteurs optoélectroniques 4 et 5.

50 Les 2 récepteurs recevront généralement chacun une énergie lumineuse, différente en amplitude et en phase sauf si la zone d'excitation  $L$  se situe exactement au milieu de la boucle 1.

Cependant, la longueur de la boucle 1 étant très faible (inférieure à 50 cms) les amplitudes des signaux optiques reçus par les récepteurs seront peu différentes.

55 De façon à éliminer l'influence de la lumière ambiante sur la boucle fluorescente 1, la source 3 constituée par exemple par une diode électroluminescente, sera modulée en

amplitude par des signaux de forme sinusoïdale, carrée etc. dont la fréquence sera préférentiellement supérieure à la fréquence de résolution de l'axe.

60 Dans ces conditions, après détection, les récepteurs 4 et 5 délivrent 2 signaux basse fréquence déphasés l'un par rapport à l'autre, lesquels sont envoyés dans un convertisseur 7 phase/courant.

Le courant I de sortie résultant, dépend de la différence de phase entre les 2 signaux, dont directement de la position de la zone d'excitation L sur la boucle 1, et en conséquence de la vitesse de rotation de la boucle 2 ou l'axe 6.

65 Le sens du courant I détermine par ailleurs le sens de rotation de l'axe 6.

Il est bien entendu que le traitement du courant I permettant l'interactivité souhaitée entre la grandeur physique considérée et le fonctionnement de l'équipement concerné s'effectue suivant l'un des moyens bien connus à ce jour, qu'il n'est pas nécessaire de rappeler ici.

70 A titre d'illustration des possibilités du nouveau capteur selon l'invention, la Fig.3 montre la puissance optique P reçue dans les récepteurs 4 et 5 en fonction de la distance d entre les boucles 1 et le disque 2. Dans le cas particulier de la Fig.3 la longueur L d'excitation fixée arbitrairement à 2 mm était située au milieu de la boucle fluorescente 1. Dans ces conditions, les puissances optiques reçues par les récepteurs 4 et 5 étaient identiques en 75 amplitude et phase.

La fibre fluorescente utilisée est la fibre F202 Optoelectron Industries de diamètre 1mm. La source 3 (du type Diode électroluminescente émet une lumière orange de longueur d'onde voisine de 550 nm avec une puissance de 400 µwatts.

80 La longueur de la boucle circulaire 1 est de l'ordre de 10 cm (diamètre 3 cms). On constate que pour une distance d = 5 mm, une puissance optique de 1 µw est reçue dans chaque récepteur, ce qui est suffisant pour commander le convertisseur amplitude/phase.

Dans certains cas, on pourra être amené à rapprocher la boucle 1 et le disque 2 ou à augmenter la puissance de la source 3 pour obtenir une meilleure sensibilité.

85 Selon un autre mode de réalisation suivant l'invention, l'association sans contact d'une fibre optique plastique transparente à la diode électroluminescente comme il est montré sur la Fig.4 permet de laisser la diode mécaniquement fixe pendant le fonctionnement du dispositif tandis que la fibre plastique transparente dont l'extrémité couplée est située à environ 1 mm de la diode 3 électroluminescente effectue le même type de rotation que celui de l'axe auquel elle est liée.

90 Dans le cas du dispositif de la Fig.4, la fibre optique fluorescente 1 n'est illuminée que lorsque la fibre transparente 8 est en face de la diode 3, soit dans la position de

41

réception maximale de la lumière en provenance de la diode 3. La fibre optique fluorescente est donc illuminée uniquement sur la longueur  $L$  à chaque tour de rotation de l'axe 6.

95 Les récepteurs optiques 4 et 5 détectent donc dans ce cas, une impulsion de courant à chaque tour. Le nombre d'impulsions détectées pendant un temps donné donnera avec une grande précision la vitesse de rotation de l'axe 6 et en tours/minute par exemple.

Selon un autre mode de réalisation suivant l'invention, et montré sur la Fig.5 on utilise un réseau de fibres fluorescentes verticales, horizontales ou inclinées.

100 Pour chaque fibre on associe à chacune de leurs 2 extrémités un récepteur optoélectronique (numérotés 9 à 22 suivant l'exemple non limitatif de la Fig.5).

Le système d'excitation des fibres fluorescentes est le même que celui montré sur la Fig.2

Il est bien entendu que tout autre système d'excitation des fibres fluorescentes concernant les capteurs schématisés Fig.2 et 5 peut être utilisé sans modifier ou réduire en quoi 105 que ce soit les caractères de nouveauté mis en oeuvre dans le cadre de l'invention.

Lors de la rotation de l'axe 6, les fibres fluorescentes sont excitées successivement et les récepteurs correspondants détectent une lumière à des intervalles de temps dépendant de l'écartement entre les fibres.

110 Si les fibres fluorescentes sont placées à égale distance les unes des autres, les récepteurs délivrent une série d'informations brèves comme il est montré sur la Fig.6.

De façon à obtenir des informations de même amplitude, la longueur de chaque fibre fluorescente peut être déterminée de façon que la distance entre la courte longueur illuminée et le récepteur reste constante.

115 Si les  $n$  fibres fluorescentes sont équidistantes et que l'angle décrit pendant le temps  $t$  est égal à  $\theta$ , on calcule facilement la vitesse angulaire  $V$  de l'axe suivant la formule.

$$V = \frac{\theta}{nt} \text{ (radian)}$$

120 Selon la Fig.5, chaque fibre fluorescente étant équipée à ses 2 extrémités d'un récepteur optoélectronique, on peut comme dans la réalisation schématisée Fig.2 envoyer les 2 signaux détectés par les récepteurs et déphasés l'un par rapport à l'autre dans un convertisseur amplitude-phase qui délivre une information de courant directement liée au mouvement de précession de l'axe ; le mouvement de rotation proprement dit et la vitesse étant déterminés comme il a été expliqué plus haut.

125 Suivant les principaux objets de l'invention, il a été considéré que le système d'excitation de lumière était généralement lié physiquement à l'axe de rotation et que la boucle de fibre optiques fluorescente était fixe.

Il est bien entendu que les principes fondamentaux de l'invention restent valables si à l'inverse, le système d'éclairage reste fixe et que la boucle de fibre optique fluorescente est elle-même liée au mouvement de l'axe en rotation.

130 De même, si pour la compréhension de l'invention, les explications et exemples donnés concernent simplement les grandeurs physiques d'un axe en rotation, l'invention est directement applicable à tous systèmes complexes en rotation ou en translation rectiligne dont on désire connaître les caractéristiques essentielles de fonctionnement.

135 A titre d'exemple de ce qui précède, suivant l'invention et montré sur la Fig.7, les principes de fonctionnement décrits plus avant sont utilisés pour la réalisation d'un système rotatif du type "joint tournant", sans aucun contact mécanique.

140 Un câble métallique 23, mobile suivant un mouvement de rotation, par exemple circulaire transporte un signal électrique à transmettre à un autre câble métallique 31, lui-même fixe. Un émetteur optique 24 constitué essentiellement par une diode de lumière, éventuellement associée à quelques composants actifs et passifs simples est modulé par le signal électrique émis par le câble métallique 23. L'émetteur 24 transmet directement et sans contact, une lumière modulée par le signal à transmettre à une fibre optique fluorescente 26.

145 Une lentille de focalisation 25 peut être utilisée ainsi qu'une courte longueur de fibre optique transparente 30 pour améliorer le couplage entre l'émetteur 24 et la fibre fluorescente 26.

La fibre optique fluorescente se présente sous la forme d'une boucle dont les dimensions dépendent directement du mouvement de rotation du câble 23.

Dans la plupart des cas, le mouvement de rotation et la forme de la fibre optique fluorescente sont circulaires.

150 Les 2 extrémités de la fibre 26 sont réunies à 2 récepteurs optiques 27 et 28 qui délivrent des signaux électriques qui s'ajoutent dans un additionneur 29. Le signal électrique total reçu par le câble métallique 31 est directement dépendant et voisin du signal d'origine transmis par le câble métallique 23.

155 Si cela s'avère nécessaire, un système amplificateur 32 intégré et extrêmement simple, destiné à compenser les éventuelles pertes de transmission est utilisé à l'entrée du câble 31.

Dans le cas où le système de rotation comprend plusieurs circuits de transmission mobiles, à raccorder à des circuits fixes, on utilise comme il est montré sur la Fig.8 plusieurs fibres optiques fluorescentes de nature différente.

160 Les fibres 34 et 35 délivrent respectivement par exemple des lumières bleu et rouge (fibres types F200 et F202 commercialisées par la Société Optectron Industries).

165 Dans ces conditions, aucune interférence significative entre les signaux électriques délivrés par les câbles 33 et 34 n'est décelable. Si cela est nécessaire, on adjoint aux récepteurs 35 et 36 des filtres de couleurs 37 et 38 et aux récepteurs 39 et 40 des filtres de couleurs 41 et 42.

Les autres éléments montrés sur la figure 8 sont les mêmes que ceux utilisés dans le cas d'une rotation monocâble et présentent les mêmes fonctions.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif de mesure de grandeurs physiques telles la vitesse angulaire, les mouvements de translation et de précession, caractérisé en ce qu'il utilise des fibres optiques plastiques fluorescentes et des transducteurs optoélectroniques d'émission et de réception permettant des liaisons sans contact entre les parties fixes et mobiles de ce dispositif.
2. Dispositif de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que les transducteurs optoélectroniques d'émission sont des sources de lumière modulables du type diode électroluminescente ou laser non solidaires des éléments tournants et couplées sans contact à des fibres optiques transparentes, elles-mêmes fixées sur les éléments tournants et éclairant les fibres optiques fluorescentes non mobiles..
3. Dispositif de mesure selon les revendications 1 et 2 caractérisé en ce qu'il comprend plusieurs sources de lumière extérieures fixes, couplées à un nombre égal d'éléments de fibres optiques transparentes implantés sur la surface du disque tournant dont ils sont solidaires et associés à un nombre égal de fibres optiques fluorescentes reliées à leur optoélectronique et non mobiles.
4. Dispositif de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que les transducteurs optoélectroniques d'émission sont des sources de lumière modulables fixées sur les éléments tournants des dispositifs et que les transducteurs optoélectroniques de réception sont des détecteurs optiques, associés à des convertisseurs et amplificateurs reliés avec les fibres optiques fluorescentes aux parties fixes des dispositifs.
5. Dispositif de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce que les transducteurs optoélectroniques d'émission sont des sources de lumière modulables reliées aux parties fixes des dispositifs et que les transducteurs optoélectroniques de réception sont des détecteurs optiques associés à des convertisseurs et amplificateurs fixés avec les fibres optiques fluorescentes sur les éléments tournants du dispositif.
6. Dispositif de mesure selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les fibres optiques fluorescentes utilisées sont de forme curviligne généralement circulaire.
7. Dispositif de mesure selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les fibres optiques plastiques fluorescentes utilisées sont constituées par des réseaux de fibres rectilignes dont les deux extrémités sont connectées aux transducteurs optoélectroniques de réception.

116

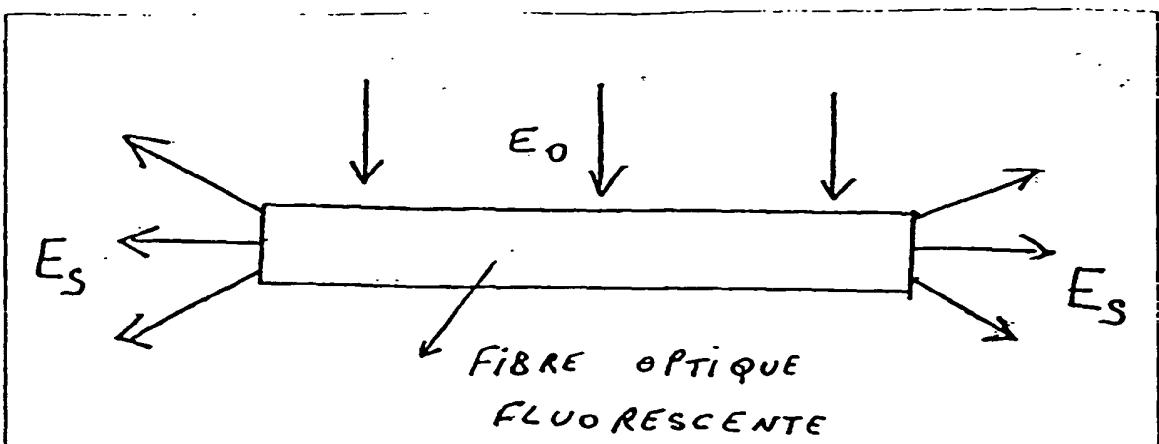


Figure 1

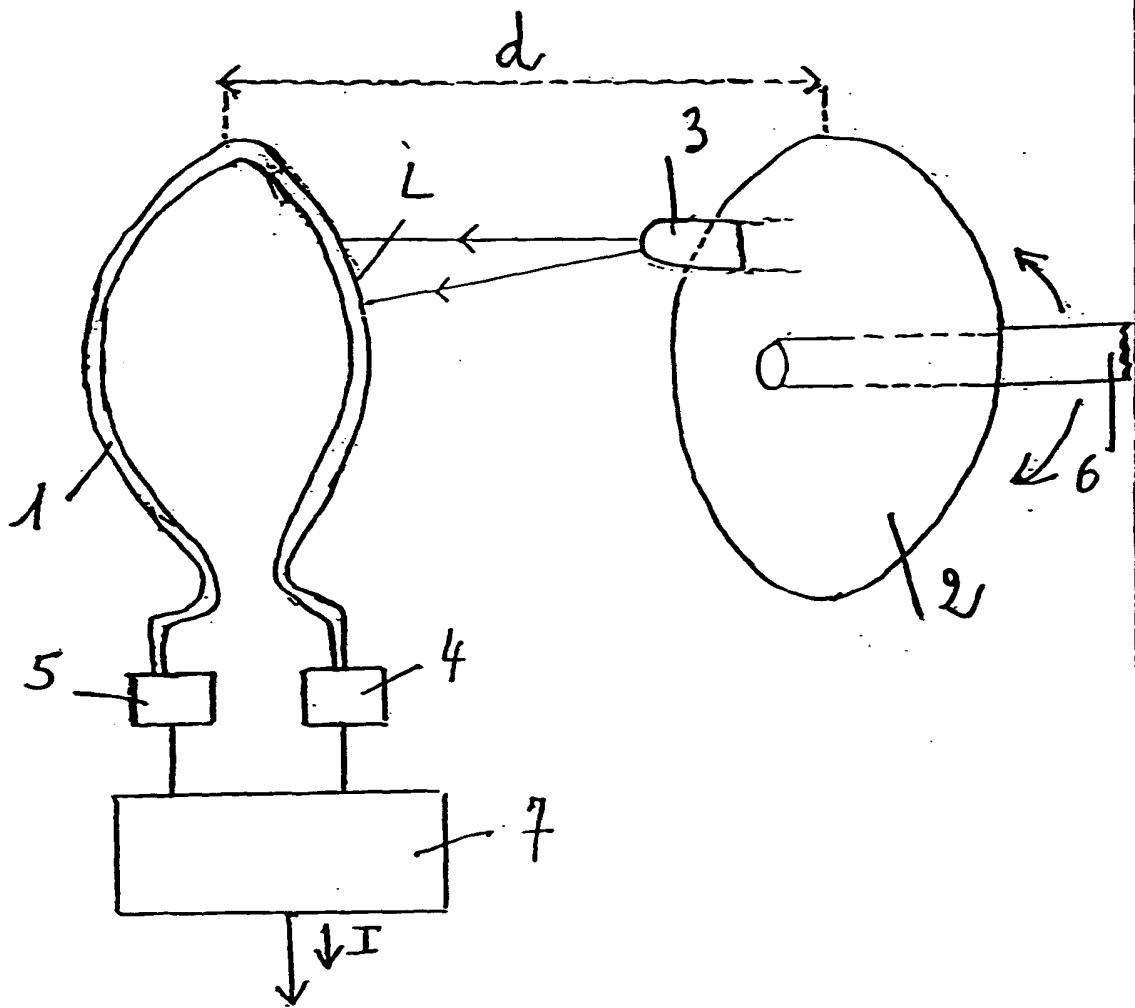


Figure 2

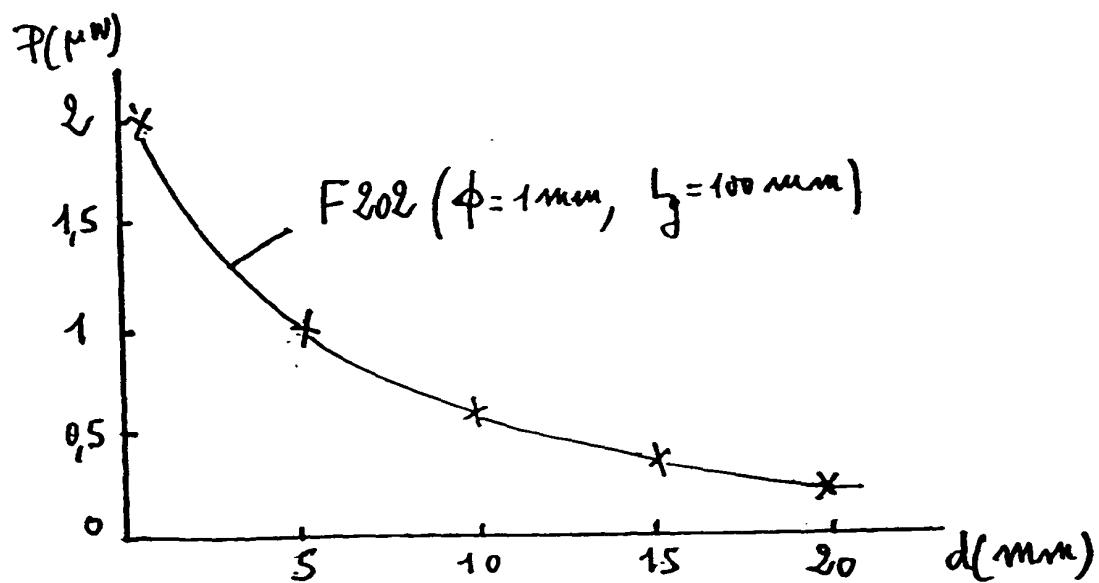
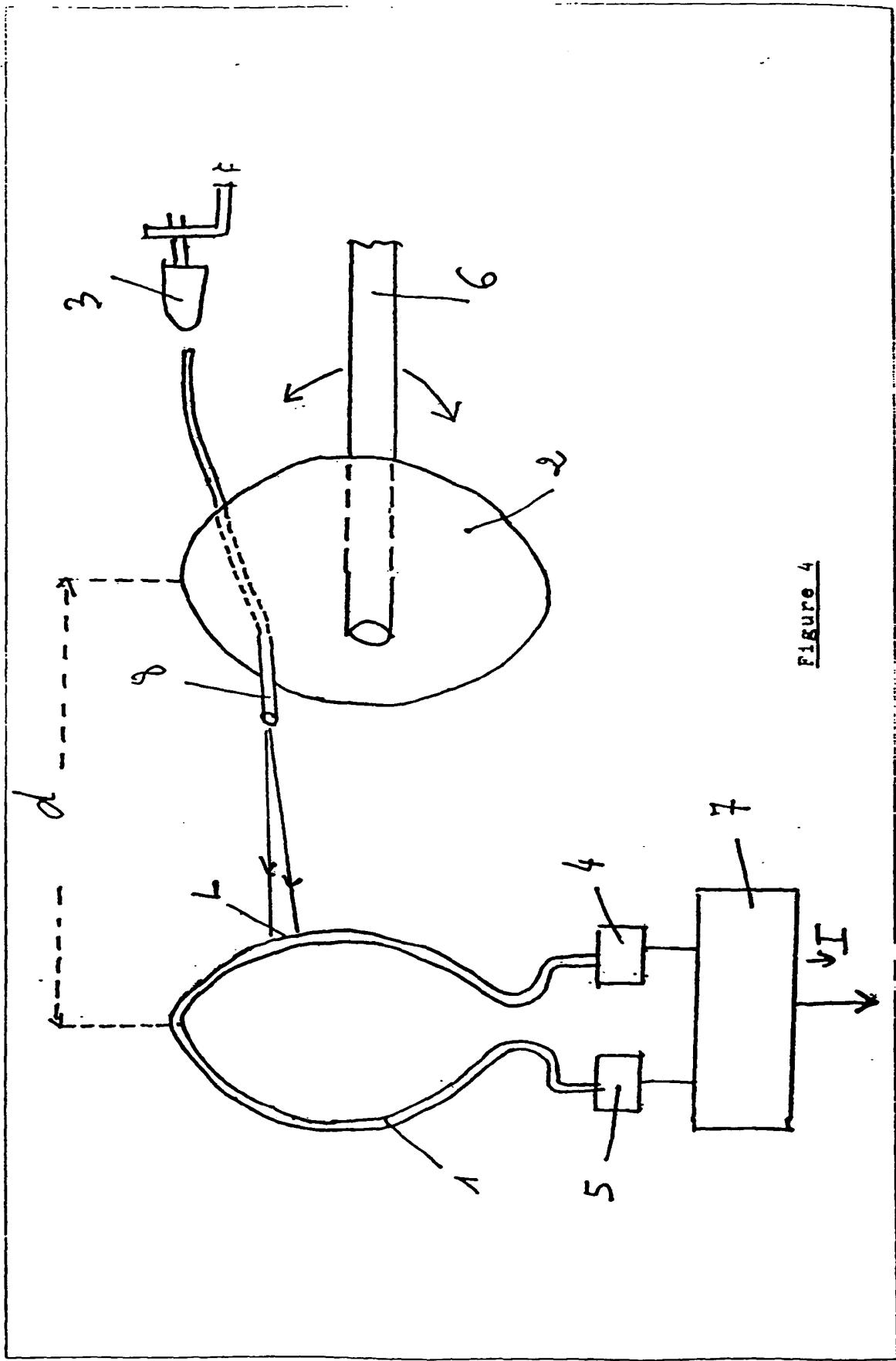


Figure 3



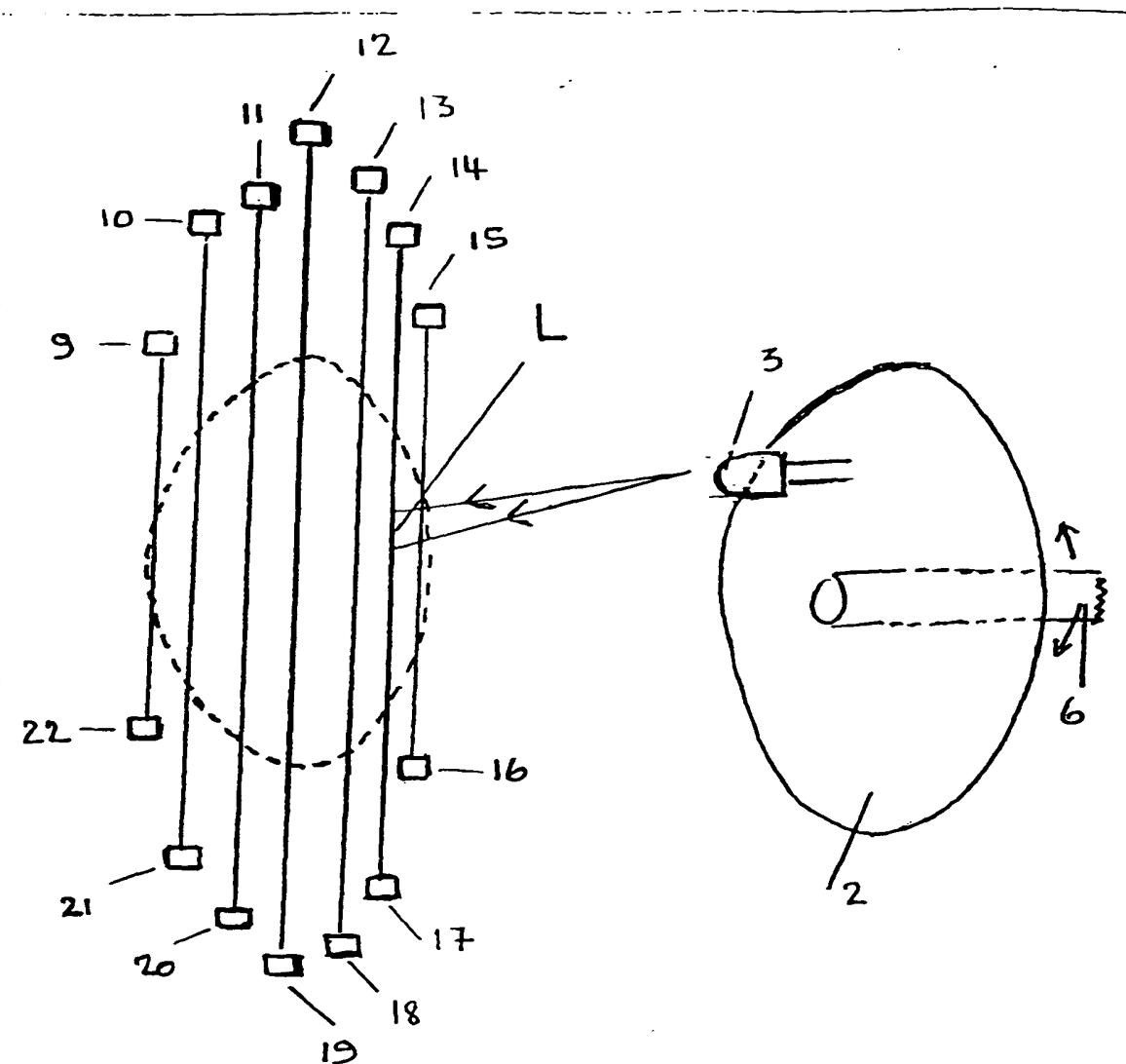


Figure 5

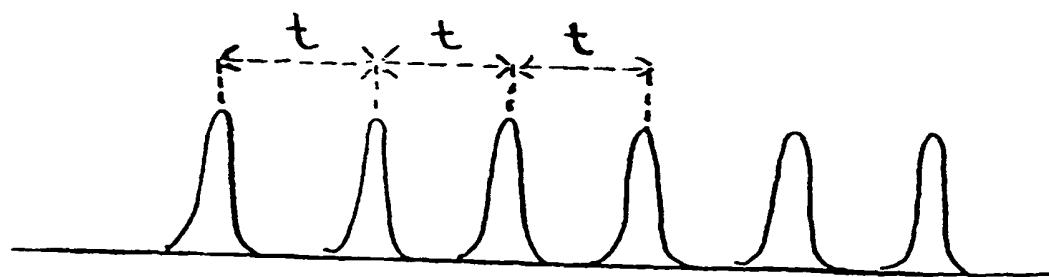


Figure 6

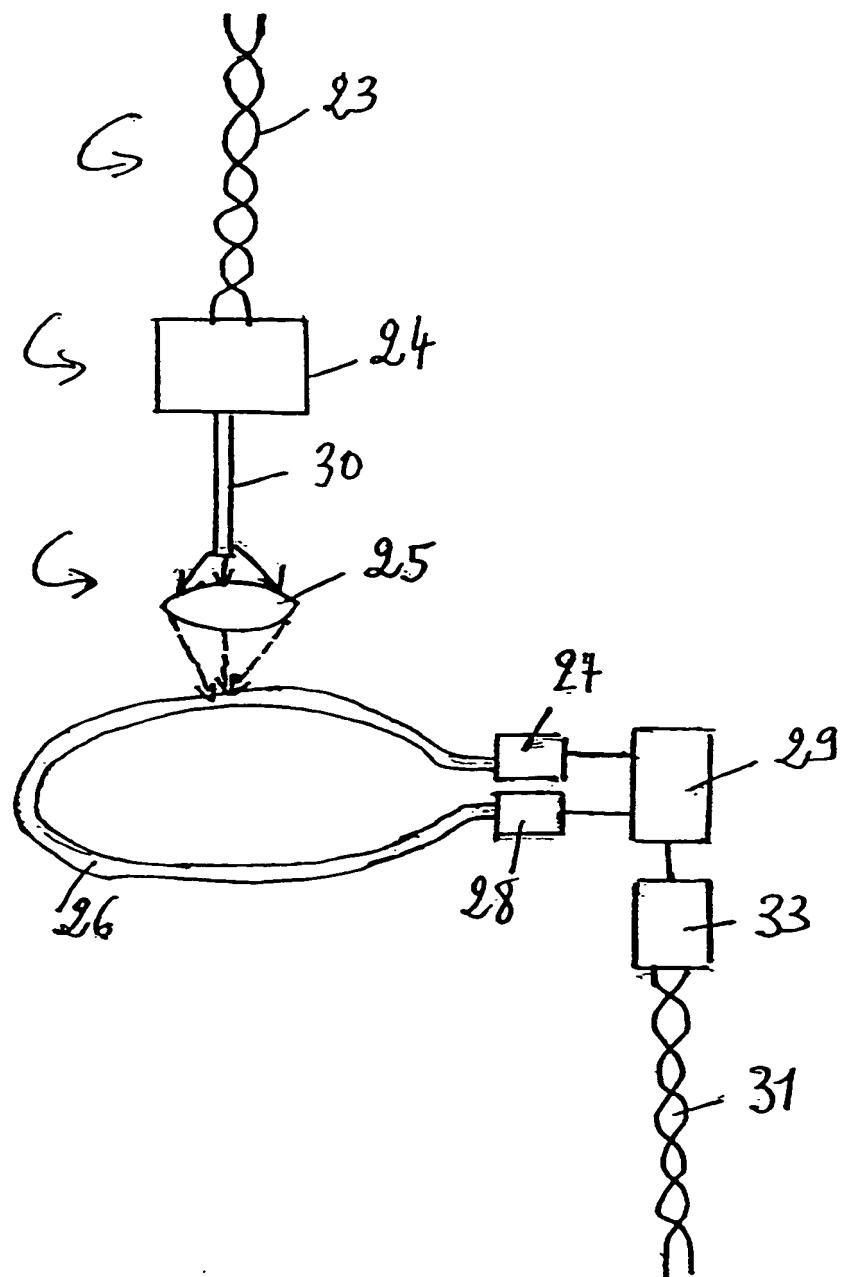


Figure 7

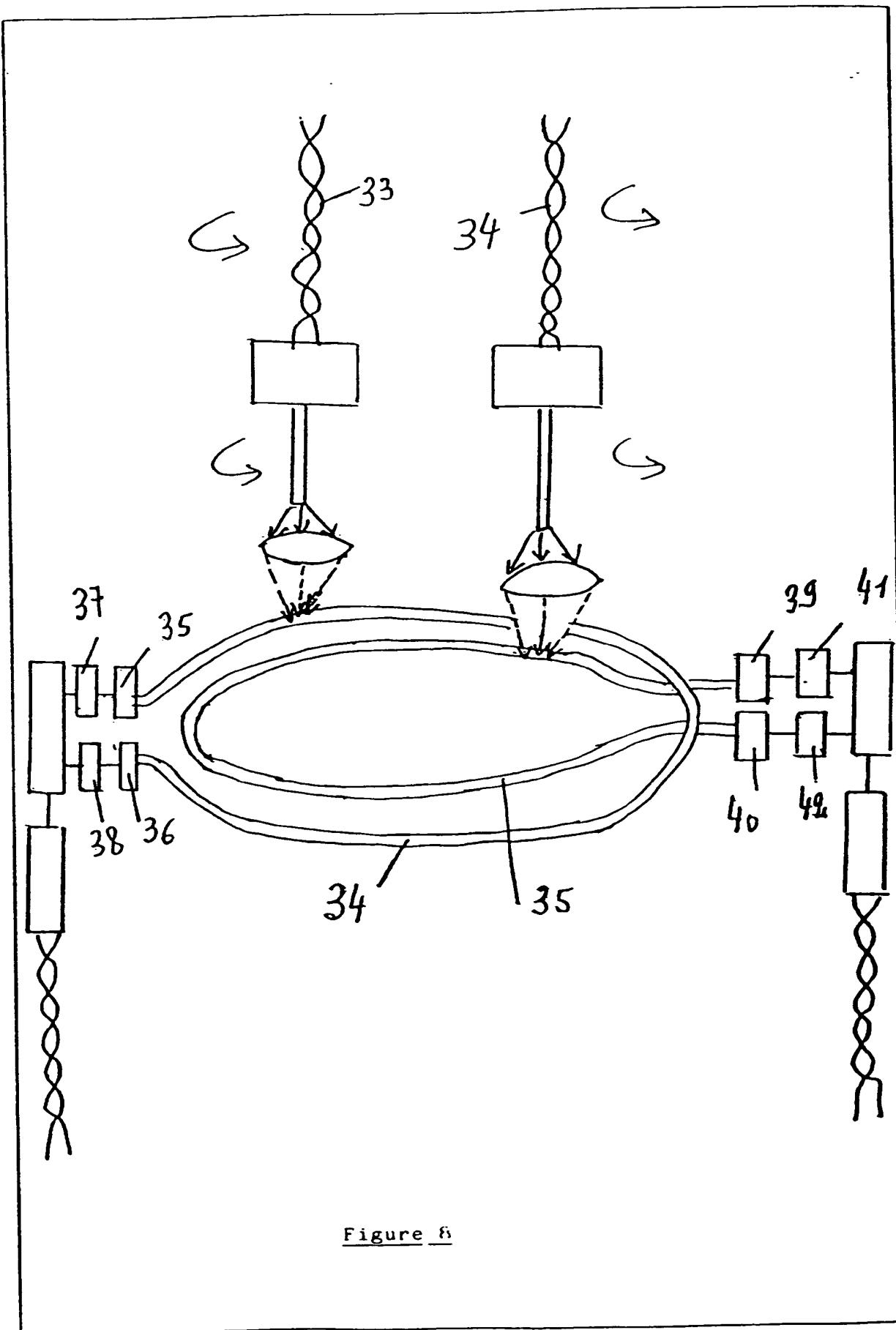


Figure 8

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2728070

N° d'enregistrement  
nationalFA 519062  
FR 9414898

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
X	DE-A-42 39 389 (ZAM E.V.)  * ensemble du brevet * * figures 1-5 * ---	1,2,4,5, 7
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10 no. 312 (P-509) [2368] ,12 Juin 1986 & JP-A-61 124821 (NIPPON DENSO CO. LTD.) 23 Octobre 1986, * abrégé * ---	1,2,6
Y	EP-A-0 480 512 (N.V. PHILIPS GLOEILAMPENFABRIEKEN) * colonne 5, ligne 37 - colonne 6, ligne 57; figures 1A,1B * * colonne 8, ligne 26 - colonne 9, ligne 15; figures 6,7 * ---	1,2,6
A	WO-A-93 05365 (WELMED LTD.) * page 8, ligne 19 - page 9, ligne 32; figure 5 * -----	1-7
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (cat.CLE)  G01D G01P
1	Date d'achèvement de la recherche  19 Décembre 1995	Examinateur  Visser, F
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication en arrière-plan technologique général O : divulgation non écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons R : membre de la même famille, document correspondant		